

ANALISIS GAYA PESAWAT TANPA AWAK BERBAHAN KOMPOSIT SERAT ROCKWOOL DAN RESIN *POLYESTER* SERTA SIMULASI DEFORMASI DAN TEGANGAN SAYAP DENGAN *SOFTWARE ANSYS 14.0*

Rahmad H.¹, Ikhwansyah Isranuri², M. Sabri³, Syahrul Abda⁴, Farida Ariani⁵, Marragi M.⁶
^{1,2,3,4,5,6}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
 E-mail : rhidayat887@yahoo.com

ABSTRAK

Komponen yang terdapat pada pesawat adalah sayap. Sayap sendiri merupakan bagian yang sangat penting dalam sebuah komponen pesawat terbang. Sayap juga terdiri dari beberapa jenis dan bentuk. Dalam kasus ini sayap yang disambungkan pada badan pesawat yang dijadikan pusat tumpuan untuk melihat terjadinya deformasi dan tegangan pada sayap pada saat keadaan statis. Sayap sendiri mempunyai fungsi sebagai penghambat laju angin dan memberikan gesekan pada *sayap pesawat* sehingga gaya laju angin pada *pesawat* terhambat. Sayap dimodel dengan menggunakan Solidwork dan disimulasi menggunakan *software ANSYS 14.0 Workbench* yang berbasis metode elemen hingga. Pada penelitian ini, didapat hasil tegangan yang lebih bagus dari hasil uji tarik sehingga sayap layak digunakan untuk terbang. Tegangan maksimum yang terjadi sebesar 14.248 MPa deformasi maksimum yang terjadi sebesar 1.2248 mm.

Kata Kunci: Sayap, Bodi Pesawat, *software ANSYS*, Tegangan Maksimum.

1. PENDAHULUAN

Sayap pesawat adalah bagian utama pesawat terbang yang terpasang pada *fuselage* dan berfungsi sebagai penghasil *lift* disamping sebagai penyimpan bahan bakar. Saat pesawat sedang terbang dalam kondisi *cruise*, maka pesawat harus mampu menghasilkan gaya angkat sebesar berat pesawat tersebut [4].

Seiring perkembangan zaman bahan sayap juga dibuat dari berbagai material yang bersifat unggul diantaranya adalah komposit [8]. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi memunculkan penemuan-penemuan baru di berbagai bidang. Dunia teknik merupakan salah satu bidang yang menunjukkan perkembangan yang sangat pesat. Terobosan-terobosan baru senantiasa dilakukan dalam rangka mencapai suatu hasil yang bermanfaat bagi manusia. Komposit merupakan salah satu jenis material yang dibuat dengan penggabungan beberapa material berbeda menjadi satu material baru.

Penelitian ini dilakukan untuk mendesain pesawat tanpa awak dengan menggunakan bahan komposit. Bahan komposit yang akan diteliti adalah campuran *rock wool* dengan resin *polyester 157*. Melalui penelitian ini diharapkan didapatkan suatu bahan komposit yang ringan dan memiliki sifat mekanik (*mechanical properties*) yang baik.

Dengan adanya pengembangan UAV, maka pengembangan dari sisi material ringan dan kuat untuk body dan sayap pesawat itu sendiri merupakan sebuah kajian teoritis yang selanjutnya mendapatkan perhatian dari para peneliti, sehingga diharapkan Pesawat UAV generasi selanjutnya memiliki unjuk kerja yang lebih baik karena menggunakan material yang ringan dan kuat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Komposit

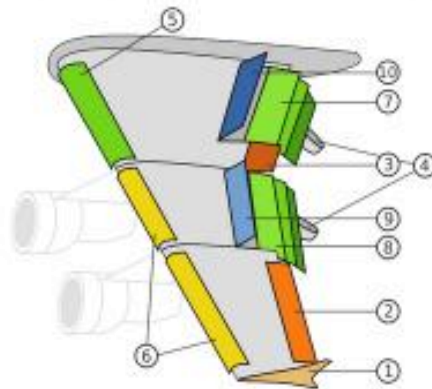
Komposit adalah material multiphase. Namun kebanyakan komposit tersusun dari 2 fasa, dimana salah satu fasa penyusunnya disebut dengan nama matrik yang secara kontinu mengisolasi fasa lainnya yang dikenal dengan nama penguat.[11]

Sayap

Sayap (pesawat) adalah *airfoil* yang disambungkan di masing-masing sisi *fuselage* dan merupakan permukaan yang mengangkat pesawat di udara.[4]

Bagian bagian yang terdapat pada sayap ada 10 bagian dengan fungsi seperti dilihatkan pada gambar 2.1 sebagai berikut:

1. *Winglet*, merupakan bidang tambahan pada pesawat-pesawat tertentu untuk mengurangi terjadinya turbulensi pada *wing tip*.
2. *Low-speed aileron*, sebagai kemudi gerak bank dan *roll* dalam kondisi gerakan pesawat yang lambat atau dalam kondisi terbang dimana hanya dibutuhkan sedikit bank.
3. *High-speed aileron*, *aileron* ini digunakan dalam kondisi dimana memerlukan respon gerak yang cepat dari *aileron* terhadap pergerakan bank pesawat.
4. *Flap track fairing*, adalah batang/*fairing* yang dipasang untuk jalan atau *track* dari *flap* agar ketika *flap* itu dikeluarkan maka akan mengikuti *track*nya.
5. *Kruger flaps*, yaitu *flap* yang terletak pada *leading edge*, yang fungsinya sebagai penambah luas sayap dan memperbesar *lift* namun juga sekaligus memperbesar *drag*.
6. *Slats*, merupakan *flap* yang terletak di *leading edge* dengan fungsi yang sama.
7. Three slotted inner flap, flap yang letaknya mendekati *wing root*.
8. *Three slotted outer flap*, flap yang letaknya mendekati *wing tip*.
9. Spoilers, fungsinya ialah untuk merusak *lift*, dalam artian digunakan biasanya pada saat setelah landing untuk mengurangi *lift*.
10. *Spoilers-air brakes*, yaitu *spoiler* yang berfungsi mengurangi *lift* dan memperbesar *drag* sehingga pesawat seperti di rem karena gerak pesawat tertahan oleh *drag* yang dihasilkan.



Gambar 2.1 Bagian Bagian Sayap dan Fungsinya. [4]

Gaya Angkat dan Gaya Hambat

Gaya angkat (*lift*) dihasilkan oleh permukaan sayap yang dirancang agar tekanan udara di atas permukaan lebih kecil dari pada di bagian bawah [2]. Suatu pernyataan Vinci yang begitu *visioner* adalah metode separasi. Sekitar 1500 tahun yang lalu da Vinci telah mengemukakan bahwa untuk bisa terbang cukuplah dilakukan dengan sayap tetap dan memberinya gaya dorong (*drag*) [2], Seperti yang diperlihatkan gambar 2.13 yang menggambarkan 4 gaya yang bekerja pada pesawat sebagai berikut:



Gambar 2.3 Gaya yang bekerja pada pesawat [10]

Rumus untuk menghitung lift dan drag sebagai berikut:

$$Lift = L = C_L \frac{\rho V^2}{2} A \dots\dots\dots(2.1)$$

$$Drag = D = C_D \frac{\rho V^2}{2} A \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

L = Gaya Angkat (N/s)

D = Gaya Hambat (N/s)

C_L = Coefficient of lift

C_D = Coefficient of drag

ρ = Densitas udara (kg/m³)

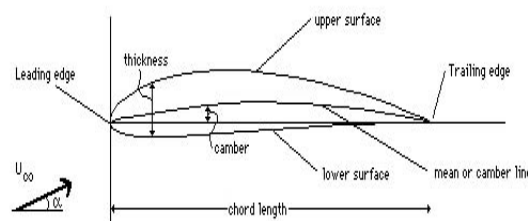
V = Kecepatan udara (m/s)

A = Luas penampang sayap (m²)

Airfoil NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*)

Geometri *airfoil* memiliki pengaruh besar terhadap karakteristik aerodinamika dengan parameter penting berupa CL, dan kemudian akan terkait dengan *lift* (gaya angkat yang dihasilkan) [5]. Suatu *airfoil* terdiri dari seperti yang diperlihatkan pada gam 2.4 sebagai berikut:

1. Permukaan atas (*Upper Surface*)
2. Permukaan bawah (*Lowerer Surface*)
3. *Mean camber line* adalah tempat kedudukan titik-titik antara permukaan atas dan bawah airfoil yang diukur tegak lurus terhadap *mean camber line* itu sendiri.
4. *Leading edge* adalah titik paling depan pada *mean camber line*, biasanya berbentuk lingkaran dengan jari-jari mendekati 0.02c
5. *Trailing edge* adalah titik paling belakang pada *mean camber line*
6. *Camber* adalah jarak maksimum antara *mean camber line* dan garis *chord* yang diukur tegak lurus terhadap garis *chord*.
7. *Ketebalan (thickness)* adalah jarak antara permukaan atas dan permukaan bawah yang diukur tegak lurus terhadap garis *chord*.



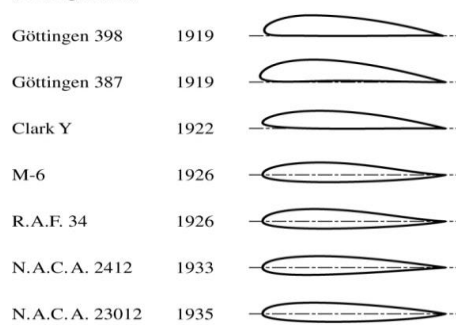
Gambar 2.4 NACA 2412 airfoil geometry [5]

Bentuk-Bentuk *Airfoil*

Sebuah *airfoil* (dalam bahasa Inggris Amerika) atau *aerofoil* (di British bahasa Inggris) adalah bentuk sayap atau pisau (dari baling-baling, rotor atau turbin) atau berlayar seperti yang terlihat dalam penampang. Sebuah badan *airfoil* berbentuk dipindahkan melalui cairan menghasilkan gaya aerodinamika [5].

Berikut ini adalah bentuk-bentuk *airfoil* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5.

Designation	Date	Diagram
Wright	1908	
Bleriot	1909	
R.A.F. 6	1912	
R.A.F. 15	1915	
U.S.A. 27	1919	
Joukowski (Göttingen 430)	1912	



Gambar. 2.5 Bentuk-Bentuk Airfoil [5]

3. METODOLOGI PENELITIAN

Proses Pembuatan

Bahan utama pada hand lay up sayap pesawat tanpa awak adalah material komposit serat rock wool dan polyester 157 Metode yang digunakan adalah metode hand lay up. Proses kerja pembuatan sayap pesawat tanpa awak.

- Desain dan pemodelan sayap pesawat tanpa awak
- Proses pembuatan mal
- Proses pembuatan cetakan
- Proses hand lay up
- Proses finishing

Material Yang Dipilih Untuk Sayap

Data-data yang diperoleh dari hasil pengujian untuk mengetahui sifat tarik, sifat fisik, dan sifat elastis pada bahan komposit serat *rock wool* dan resin *polyester 157*. Dengan data karakteristik material berbahan komposit serat *rock wool* dan resin *polyester 157* maka *material properties* dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Karakteristik material komposit rock wool dan resin polyester 157 yang dilakukan Fauzi Kharisma Putra.

Sifat	Jenis Sifat	Nilai	Satuan
Sifat Fisik	Densitas	1461.14	Kg/m ³
Sifat Tarik (<i>Tensile</i>)	<i>Ultimate Tensile Strength</i>	31.17	MPa
Sifat Tarik (<i>Tensile</i>)	<i>Tensile Yield Strength</i>	20.45	MPa
Sifat Elastis	Modulus Elastisitas	3133	MPa
Sifat Elastis	<i>Poisson Ratio</i>	0,32	

Sedangkan spesifikasi data hasil design adalah sebagai berikut:

Table 3.2 Data khusus pesawat tanpa awak.

No	Spesifikasi	Karakteristik
1	Airfoil	NACA 2412
2	Jenis Wing	<i>Straight Wing</i>
3	Panjang <i>Span</i>	2225 mm
4	Lebar chord	194 mm
5	Putaran propeller	3000 rpm
6	Diameter propeller	300 mm
7	Material	<i>Rock wool</i> dan Resin <i>polyester</i>
8	Berat Sayap	4000 gr

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Kecepatan Udara

Agar dapat menganalisa kecepatan Udara, maka terlebih dahulu mengumpulkan data-data dari Badan Pusat Statistik maupun data spesifikasi motor penggerak. Berikut ini data-data yang sudah diketahui agar dapat membantu dalam perhitungan kecepatan udara tanpa awak sebagai berikut:

- a. Suhu kota medan
 Min : 24.6°
 Max : 31.4°
 Kecepatan angin rata-rata : 2.8 m/s
- b. Spesifikasi propeller
 Putaran (N) : 3000 rpm
 Diameter propeller : 0.3 m
 Sudut puntir : 38°

Analisa Gaya-Gaya yang Terjadi

Menghitung Nilai *Trust*

Pesawat bisa terbang karena ada momentum dari dorongan horizontal dari baling-baling pesawat (*propeller*) atau dari mesin pesawat. Dorongan inilah yang dimaksud dengan *trust*. Secara teoritis *trust* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Trust = force$$

Dimana luas penampang yang terlihat pada tabel 3.2 dengan lebar chord 194 mm dan panjang span 2225 mm, maka nilai dari luas penampang adalah sebagai berikut:

$$A = span \times chord \\ = 0.43165 m^2$$

$$A = 2.225 m \times 0.194 m$$

Maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mencari massa flow persatuan waktu seperti dibawah ini:

$$\dot{m}_0 = \rho \cdot V_0 \cdot A = (1.225 \text{ kg/m}^3) (2.8 \text{ m/s}) (0.43165 \text{ m}^2) = 1.48056 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_t = \rho \cdot V_t \cdot A = (1.225 \text{ kg/m}^3) (37 \text{ m/s}) (0.43165 \text{ m}^2) = 19.56454 \text{ kg/s}$$

Karena $P_0 \neq P_t$, maka rumus *trust* adalah sebagai berikut:

$$T = \dot{m}_t V_t - \dot{m}_0 V_0 + (P_t - P_0)A$$

$$(P_t - P_0) = \Delta P \text{ didapat dari hukum bernauli [10].}$$

$$P_t + \frac{1}{2} \rho V_0^2 = P_t + \frac{1}{2} \rho V_t^2 = \text{konstan}$$

$$P_t - P_0 = \frac{1}{2} \rho (V_0^2 - V_t^2)$$

$$= \frac{1}{2} (1.225 \frac{kg}{m^3}) \left\{ \left(2.8 \frac{m}{s} \right)^2 - \left(37 \frac{m}{s} \right)^2 \right\}$$

$$= \frac{1}{2} \left(1.225 \frac{kg}{m^3} \right) \left(-1361.16 \frac{m^2}{s^2} \right)$$

$$P_t - P_0 = -833.711 Pa \rightarrow (kg/ms^2)$$

$$T = \dot{m}_t V_t - \dot{m}_0 V_0 + (P_t - P_0)A$$

$$T = 359.8711 \text{ N}$$

Menghitung Nilai Drag

Dalam hal ini, jenis airfoil yang digunakan adalah NACA 2412 yang memiliki nilai *angle of attack* sebesar 12° untuk sudut maksimum dan 0° untuk sudut minimum dengan nilai koefisien drag masing masing sebesar 0.08272 dan 0.01437. untuk lebih jelasnya, perhitungan nilai drag maksimum dan minimum dapat dilihat sebagai berikut:

Untuk sudut serang 12° dengan nilai $C_d = 0.08272$

$$D_{max} = \frac{(0.08272) \left(1.225 \frac{kg}{m^3} \right) \left(37 \frac{m^2}{s^2} \right) (0.43165 m^2)}{2}$$

$$= 29.94 \text{ N}$$

Untuk sudut serang 0° dengan nilai $C_d = 0.01437$

$$D_{min} = \frac{(0.01437) \left(1.225 \frac{kg}{m^3} \right) \left(37 \frac{m^2}{s^2} \right) (0.43165 m^2)}{2}$$

$$= 5.20 \text{ N}$$

Menghitung Nilai Lift

Sama seperti perhitungan nilai drag, perhitungan pada airfoil NACA 2412 juga memerlukan nilai sudut serang maksimum dan minimum yaitu sebesar 12° dan 0° dengan nilai *coefficient lift* masing masing sebesar 1.005 dan 0.206. Untuk lebih jelasnya, perhitungan *lift* maksimum dan minimum dapat dilihat sebagai berikut:

Untuk sudut serang 12° dengan nilai $C_l = 1.005$

$$L_{max} = \frac{(1.005) \left(1.225 \frac{kg}{m^3} \right) \left(37 \frac{m^2}{s^2} \right) (0.43165 m^2)}{2} = 363.375 \text{ N}$$

Untuk sudut serang 0° dengan nilai $C_l = 0.206$

$$L_{min} = \frac{(0.206) \left(1.225 \frac{kg}{m^3} \right) \left(37 \frac{m^2}{s^2} \right) (0.43165 m^2)}{2} = 74.56 \text{ N}$$

Menghitung Nilai Weight

Gaya berat adalah gaya yang menarik pesawat kebawah karena gaya gravitasi. Gaya berat melawan gaya angkat dan bereaksi secara vertikal kebawah melalui *center of gravity* dari pesawat [2]. Dalam hal ini masa pesawat tanpa awak adalah sebesar 15000 gr.

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= 15000 \text{ gr} \\ &= 15 \text{ kg} \\ &= 15 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 147.15 \text{ N} \end{aligned}$$

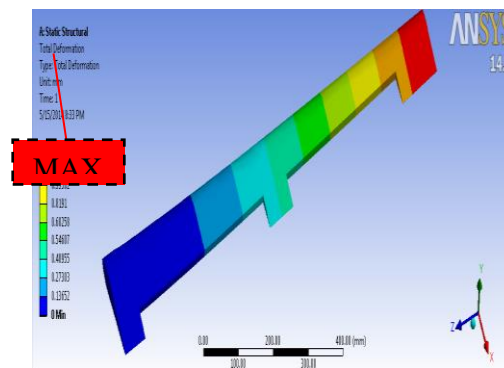
Dari 4 gaya didapatlah data-data sebagai berikut:

$$\begin{array}{ll} T &= 359.8711 \text{ N} \\ D &= 29.94 \text{ N} & T &> D \\ L &= 363.375 \text{ N} & L &> W \\ W &= 147.15 \text{ N} \end{array}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh nilai trust (T) lebih besar daripada nilai drag (D) dan nilai lift (L) lebih besar daripada nilai sayap pesawat sehingga dapat disimpulkan secara teori perancangan pesawat tanpa awak memenuhi syarat untuk dapat terbang.

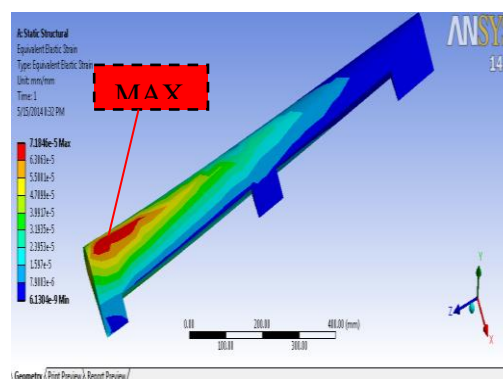
Hasil Simulasi

Simulasi Hasil Distribusi Deformasi



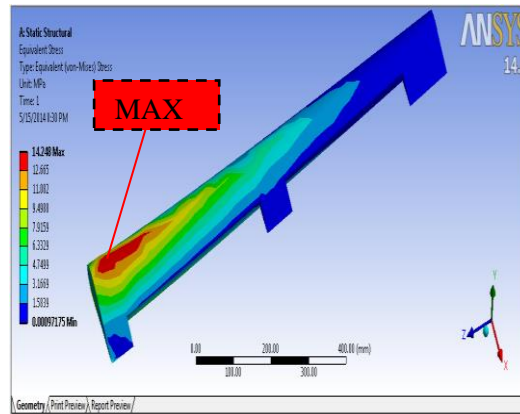
Warna merah menunjukkan daerah konsentrasi deformasi dimana deformasi maksimum terjadi di daerah ini, dan pada titik ini pulalah yang paling berpotensi munculnya deformasi plastis pertama. Selanjutnya distribusi deformasi menjalar sesuai dengan warna sampai ke daerah yang paling aman yaitu daerah yang ditunjukkan dengan warna biru. Deformasi maksimum yang terjadi sebesar 1.2287 mm dari bentuk semula.

Simulasi Hasil *Equivalent Strain*



Regangan maksimum yang terjadi adalah sebesar 7.1846×10^{-5} dan tegangan minimum yang terjadi sebesar 6.130×10^{-9} . Hal ini ditandai dengan kontur warna merah yang mendapat konsentrasi tegangan. Selanjutnya distribusi tegangan menjalar sesuai dengan warna sampai ke daerah yang paling aman yaitu daerah yang ditunjukkan dengan warna biru.

Simulasi Hasil *Equivalent Stress*



Tegangan maksimum yang adalah sebesar 14.248 MPa dan tegangan minimum yang terjadi sebesar 0,00097175 MPa. Hal ini ditandai dengan kontur warna merah yang mendapat konsentrasi tegangan. Selanjutnya distribusi tegangan menjalar sesuai dengan warna sampai ke daerah yang paling aman yaitu daerah yang ditunjukkan dengan warna biru

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai berikut:

1. Hasil penelitian dengan menggunakan simulasi numerik (software ANSYS) dapat diketahui bahwa sayap memiliki distribusi deformasi maksimum yang jika ditinjau dari pemberian gaya, maka distribusi deformasi maksimum adalah sebesar 1.2287 mm
2. Hasil penelitian dengan menggunakan simulasi numerik (software ANSYS) dapat diketahui bahwa sayap memiliki tegangan maksimum dan tegangan minimum yang jika ditinjau dari pemberian gaya, maka tegangan maksimum adalah sebesar 14.248 MPa dan tegangan minimum adalah sebesar 0,00097175 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anderson, Jhon D, Jr. 2001 : *Fundamental of aerodinamik*, McGraw-Hill Book Company, Boston.
- [2] Lubis, Fauzi, arifin, 2012: Analisis Gaya Impak yang Terjadi Pada Badan Pesawat *Aeromodelling*, Skripsi: Medan
- [3] Djojodiharjo, Harijono, 1982 : *Mekanika Fluida*, Erlangga : Jakarta
- [4] Gere, M.J, & Timoshenko, P.S. 1987. *Mekanika Bahan*. Terjemahan oleh Hans J. Wospakri. Jakarta: Erlangga
- [5] <http://gaero.org/forum/portal/php>
- [6] http://wikipedia.org/wiki/naca_airfoil
- [7] Giancoli. 1998 : *Fisika Dasar* Jilid I edisi ke-5, Frenicsehall. Inc
- [8] Munson, R, Bruce, Young, F, Donald, Okiisi, H, Theodore. 2005 : *Mekanika Fluida*. Jilid. 2 Edisi ke-4. Erlangga: Jakarta
- [9] Nash, William. 1998 : *Strength of Material*. Schaum's Outlines.
- [10] Nugroho, Fadjar, 2008 http://ilmuterbang.com/artikel-mainmenu-29/aerodinamika_hukum-bernoulli. Diakses pada tanggal 11 Juni 2008.
- [11] Pringgo. 2009. Stabilitas Terbang. <http://www.jipku.com/artistabilitasterbang.html>. Diakses pada tanggal 23 Maret 2014
- [12] Van Vlack, Lawrence H. Djaprie, Sriarti dan Array. 1989. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Erlangga: Jakarta